

12. 7. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

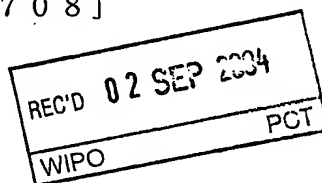
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 8月 5日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-286708
[ST. 10/C]: [JP 2003-286708]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社安川電機

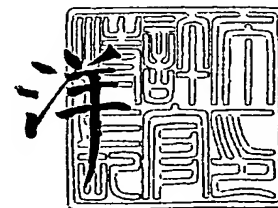


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 14695
【提出日】 平成15年 8月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G05B 13/02
【発明者】
 【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内
 【氏名】 佐藤 一男
【特許出願人】
 【識別番号】 000006622
 【氏名又は名称】 株式会社安川電機
 【代表者】 中山 眞
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013930
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

サーボモータを駆動するサーボ制御装置において、制御系の振動を検出する振動検出手段と、制御ゲインを上げたところであるレベルの振動を与えるような模擬外乱トルクをトルク指令に加える加振手段を備え、加振の大きさを調整し加振し前記振動検出手段で振動検出を行い、一定のレベルの振動を検出する迄前記の制御ゲインを上げ模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段が一定のレベルを超えた振動を検出した時の制御ゲインを最大ゲインとする最大ゲイン抽出法。

【書類名】明細書

【発明の名称】サーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法

【技術分野】

【0001】

本発明はサーボモータを駆動するサーボ制御装置におけるサーボ制御ゲインを自動設定する方法に関し、特に機械等を加振手段による加振と振動を検出することによりサーボ制御ゲインの最大値を検出する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、特許文献1のようにゲインを上げて発振させて、その発振した時点のゲインを最大値としていた。つまり発振を検出してそこからマシン等の特性を考慮してサーボゲインを最大値にする等の調整をしていた。

【0003】

【特許文献1】特開平2-261083号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の技術では、ゲインを上げて発振状態になってから発振を捕らえていたため発振検出まで時間がかかる問題があった。すなわち、停止中等ではゲインを上げた直後に発振するのではなく、また運転中でも図6(i)のように加減速の終了時点など発生しやすいところで振動し始める。つまり機械には摩擦や負荷等があり、そしてこれらは振動を抑えるように働くので、大きなきっかけがないと発振に至らない。そこで図6(ii)のように発振しやすいように1回1回早い速度、長い送りの指令をして発振が始まる迄の時間遅れを見越して1回の指令で1回ずつゲインを少しずつゆっくり上げる必要があり、そうすると最大ゲインを検出する迄の時間が長くなる問題がある。これを無視して図7のようにゲインを早く上げると、発振を検出した時点では、ゲインが上がり過ぎており、ゲインを下げてでも容易には発振が止まらないため、マシンが大きく振動したり大きな騒音が発生したりする問題があった。また、たまたまタイミングよく速度ゲインを同定することができても、次の過程で速度ループの外側に位置ループ等を組む時、ゲインに余裕がないので(速度ゲインがギリギリのため)、位置ループが入った時点で制御系が振動する問題もあった。

そこで本発明は、ゲインを上げて振動させるが、早めに検出して即止めることでマシンを大きく振動させず、騒音も発生させないサーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記問題を解決するため、本発明の限界ゲイン抽出法では、サーボモータを駆動するサーボ制御装置において、制御系の振動を検出する振動検出手段と、制御ゲインを上げたところであるレベルの振動を与えるような模擬外乱トルクをトルク指令に加える加振手段を備え、加振の大きさを調整し加振し前記振動検出手段で振動検出を行い、一定のレベルの振動を検出する迄前記の制御ゲインを上げ模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段が一定のレベルを超えた振動を検出した時の制御ゲインを最大ゲインとする。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、マシンに合わせた模擬外乱トルクで確実に振動させて最大ゲインを得られ、しかも振動後即ゲインを落として振動を抑えることができるので、大きくゲインを上げずに済み、振動による危険を防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明の具体的実施例を図に基づいて説明する。

【実施例 1】

【0008】

図 1 は本発明の具体的実施例の構成図である。図 1 において、1 は振動検出回路、2 はマイクロコンピュータ、3 は電流アンプ、4 はベースドライブ回路、5 はパワートランジスタモジュール、6 はモータである。

以上のように構成された回路において、その動作を図 2 の制御ブロック図および図 4 のタイミング図を用いて説明する。まずマイクロコンピュータ 2 は位置や速度といった指令を外部のコントローラ等から受け取る。そして例えば速度指令の場合は速度制御を行いその出力の電流指令や電流制御の出力でベースドライブ回路 4 を通してパワートランジスタ 5 を駆動してモータ 6 を制御する。ここで振動検出回路 1 は、トルク指令あるいはモータの速度信号中に含まれる振動成分が、あらかじめ定めたレベル（検出レベル）を超えた場合に、振動を検出する。「振動の検出レベル」は例えば図 3 のように制御系が安定な状態での通常運転、あるいはトルクリップルの様に機械特有の運転時振動の振幅レベルから決定する。この図では通常運転でのトルクの振動振幅の最大値を検出している。この通常時の振動レベルの例えば 3 倍程度を「振動の検出レベル」とすれば良い。

【0009】

ゲインの検出はまず、低ゲインでトルク指令に「模擬外乱トルク」を加えて、振動の検出レベルまで応答を確認する。ここで応答がなければ模擬外乱トルクを大きくする。ある程度に応答が大きくなるまで模擬外乱トルクを大きくするか、振動のレベルを下げる等する。そして次に図 4 のようなタイミングで徐々にゲインを上げては模擬外乱を加えてというように、図 2 のトルク指令に模擬外乱トルクを加えて、振動を確認する（例えば速度やトルクの振幅から振動の確認を行う）。モータを停止した状態で短時間の模擬外乱トルクを加えているので、静止摩擦やクーロン摩擦等のようにもともと機械に存在する振動減衰要素も発振を止めるように働き、振動を検出した時点でゲインを下げることで振動しない状態とすることができる。振動を停止する方法として、ゲインを下げるだけでなく、一時的にトルクを絞る方法でもよいし、またゲインを下げる方法とトルクを絞る方法を併用してもよい。あるいは、一時的にパワートランジスタのベースを遮断してもよい。そして発振直前のゲインを記憶しておき、これをもとに最終的に振動した制御ゲインを算出し、その制御ゲインを最大ゲインとする。

【0010】

機械が発振する臨界状態の考察：本発明の基本的な考え方を説明するために、制御系が発振する状況を考察する。機械の摩擦等の負荷がない状態で、機械共振等で制御系に振動が発生すると、制御ループゲインの働きで振動が急速に増大して発振状態に移行してしまい振動を止めることが困難となる。摩擦等の機械の負荷は、エネルギーを消費することで、振動を押さえる働きがある。機械負荷があるもののゲインが高くて、振動しやすい不安定な状態では、負荷を変動させることで、振動を誘発することもできるし、また誘発した振動を止めることもできる。

【0011】

模擬外乱の提案：不安定な状態をつくり出すため、本発明では、図 2 の制御ブロック図のようにステップ状の模擬外乱トルクを加えることで、摩擦等の機械負荷に打ち勝って安定状態を壊し振動を誘発する。模擬外乱トルクを加える時間を短く設定することで、振動検出手段にて振動を検出した直後に振動を止めることができる。

【0012】

最大ゲインの検出方法：（1）通常運転時の振動レベル検出：最大ゲインの具体的な検出手順は、以下のようになる。最初に図 5 のステップ 1 のように位置ループや速度ループといった制御系のゲインを低ゲインとしておき、図 3 のように通常運転あるいは運転して機械特有の運転時の振動レベルを検出する。この図では通常運転でのトルクの振動振幅の最大値を検出している。

【0013】

（2）模擬外乱トルクの調整：次に図 5 のステップ 2 のように位置ループや速度ループと

いった制御系のゲインを低ゲインとしておき、図2の制御ブロック図のトルク指令 τ_{ref} に模擬外乱トルクをステップで加えて、図5のステップ3のように位置偏差あるいは速度等の応答をあるレベル以上あることを確認する。ここで、あるレベル以上の応答がなければ、加えた模擬外乱トルクが機械負荷を超えられなかったと考え、予め定めたレベルまで、応答が大きくなるように模擬外乱トルクを大きくする。この応答のレベルは前記図5のステップ1のように例えば通常の運転中の振動振幅の最大値を2倍等にする。そして模擬外乱トルクがあるレベルまで大きくしても応答が大きくなりえない場合、応答の検出レベルを下げる。このようにして模擬外乱トルクの大きさとその応答の検出レベルを調整する。

【0014】

(3) 振動検出: 模擬外乱トルクの大きさを決めた後で、次に図3に示すような時間タイミングで段階的にゲインを上げる。図5のステップ4～6の処理のようにゲインを上げたところで、トルク指令に模擬外乱トルクを加え振動検出回路1にて、振動を確認する。振動検出回路1は例えばトルクまたは速度等の振幅を振動検出レベルと比較し、大きい場合振動として検出する。振動レベルは前に調整した応答レベルの例えば1.5倍等とする。

【0015】

(4) 振動の停止: 模擬外乱トルクを加えた後に図5のステップ6ようにあるレベルを超えて振動を検出したら、図4のようなタイミングで模擬外乱トルクを加えるのは停止し、図5のステップ7のように制御ゲインを振動しないレベル迄下げる(例えば、振動したゲインの半分あるいは、最初に設定した低いゲイン等)。あるいは、確実に振動を止めるため、トルク指令を絞るか、位置偏差を一瞬ゼロにする。

【0016】

(5) 最大ゲインの検出: そして振動した時のゲインの1つ前のゲインをマイクロコンピュータ内等の記憶手段内に限界ゲインとして記憶しておく。記憶したゲインが検出すべき最大ゲインである。

【0017】

説明の補足: ここで模擬外乱トルクと振動が発生するゲインの関係を考えてみる。模擬外乱トルクを大きくしていくと機械への衝撃も大きくなり、振動が発生しないような制御ゲインは小さくなる。機械の加減速やフィルタを入れて滑らかにすると衝撃が減り制御ゲインが上げられるのは、こういう理由である。図2のブロック図のように外乱トルクをステップで加えると、速度は τ/JmS 分応答する。これにより負荷に打ち勝って平衡状態を壊すことができる。また加えるトルクは、イナーシャに応じて大きくする必要がある。位置を移動させてもトルクは滑らかになってしまうので、なかなか振動させることはできないが、トルクでは負荷に直接伝達するので振動させやすい。振動検出回路1はマイクロコンピュータ2で行っても良い。またゲインに伴い積分ゲインやトルクフィルタ等を連動させても良い。

【産業上の利用可能性】

【0018】

確実に低いゲインでマシンを振動させて最大ゲインを得られ、しかも振動後即ゲインを落として発振を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】 本発明および従来の具体的実施例の構成図である。

【図2】 本発明の制御ブロック図である。

【図3】 通常運転した時の速度指令、速度、トルクの波形と振動レベルの測定タイミング図である。

【図4】 ゲインを上げて振動を発生させるタイミング図および振動発生時のゲイン低下、限界ゲイン抽出のタイミング図である。

【図5】 本発明の限界ゲインを抽出する概略フローチャートである。

【図6】 (i) 通常運転で振動する場合のタイミング図である。(ii) 通常運転でゲインを上げて行くタイミング図である。

【図7】通常運転で調整する場合でゲインを早く上げて、大きく発振した例の図である。

【図8】従来の実施例の構成図である。

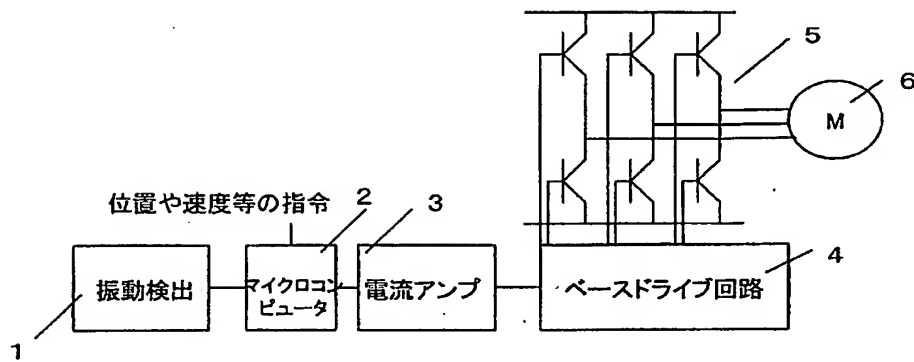
【符号の説明】

【0020】

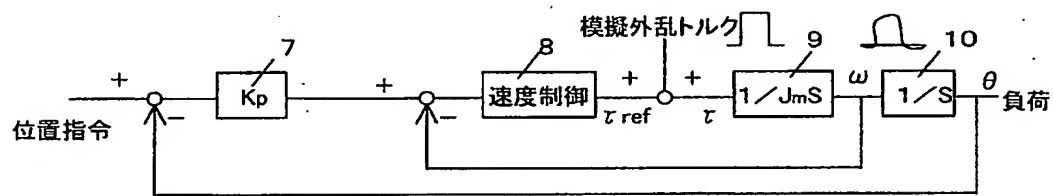
- 1 振動検出回路
- 2 マイクロコンピュータ
- 3 電流アンプ
- 4 ベースドライブ回路
- 5 パワートランジスタモジュール
- 6 モータ
- 7 位置ループゲイン
- 8 速度制御
- 9 モータ
- 10 積分
- 11 マイクロコンピュータ
- 12 電流アンプ
- 13 ベースドライブ回路
- 14 パワートランジスタモジュール
- 15 モータ

【書類名】 図面

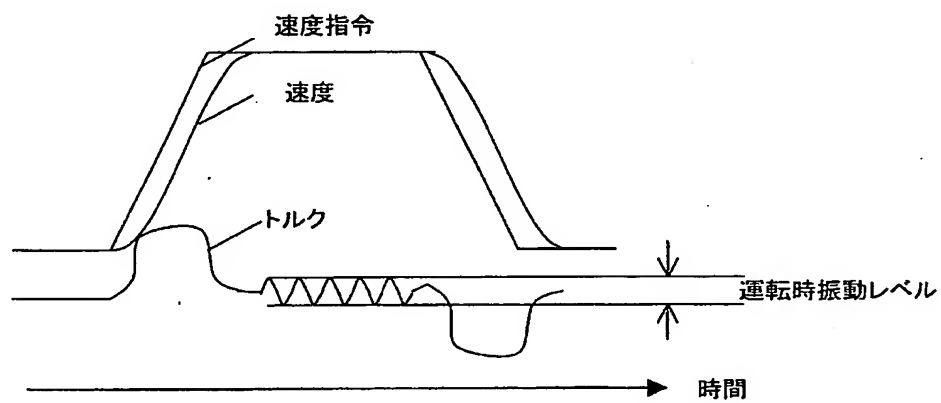
【図 1】



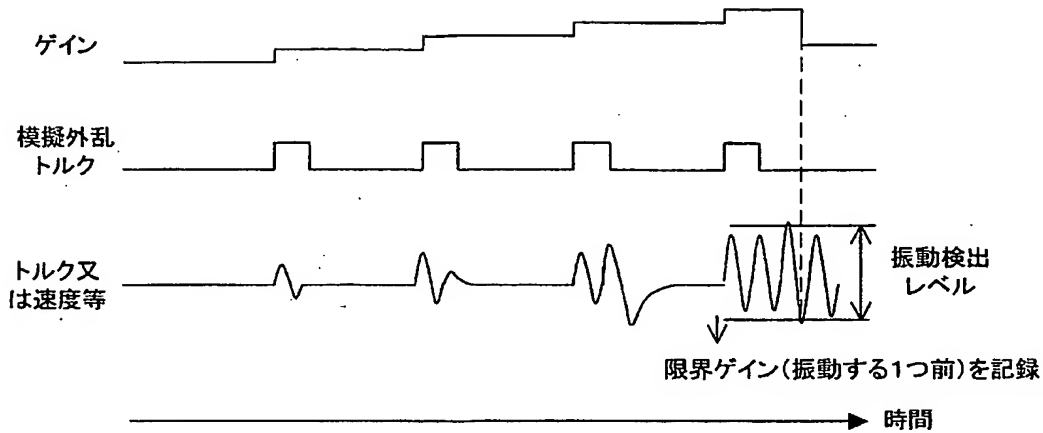
【図 2】



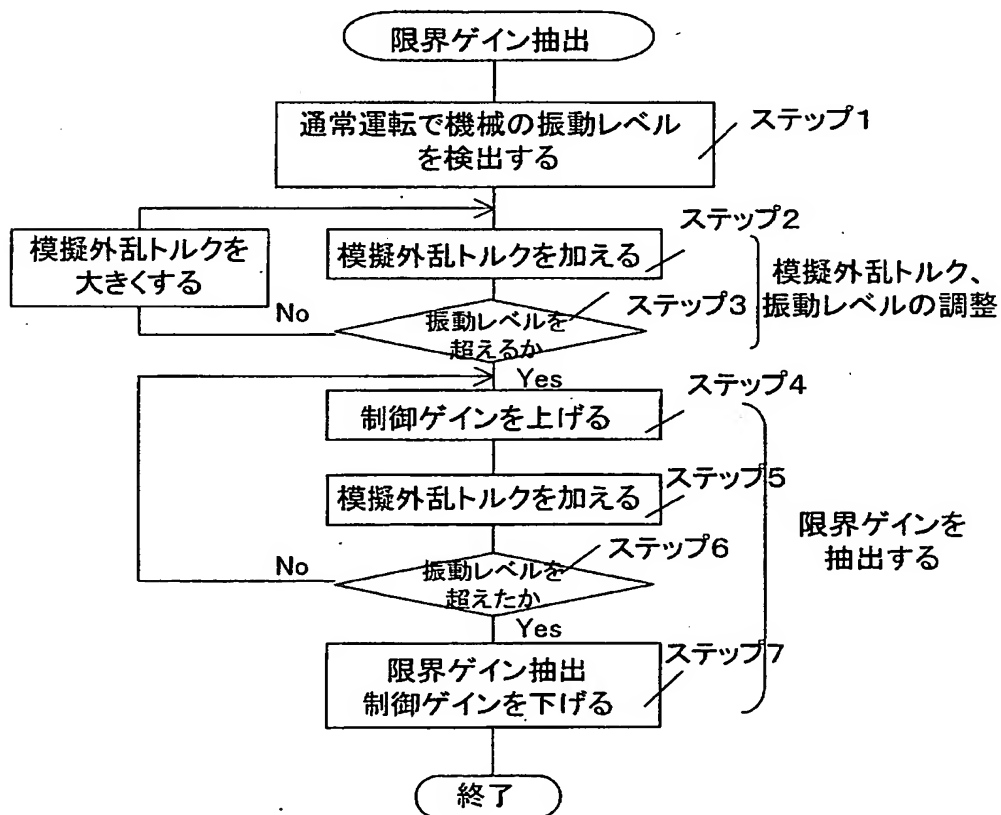
【図 3】



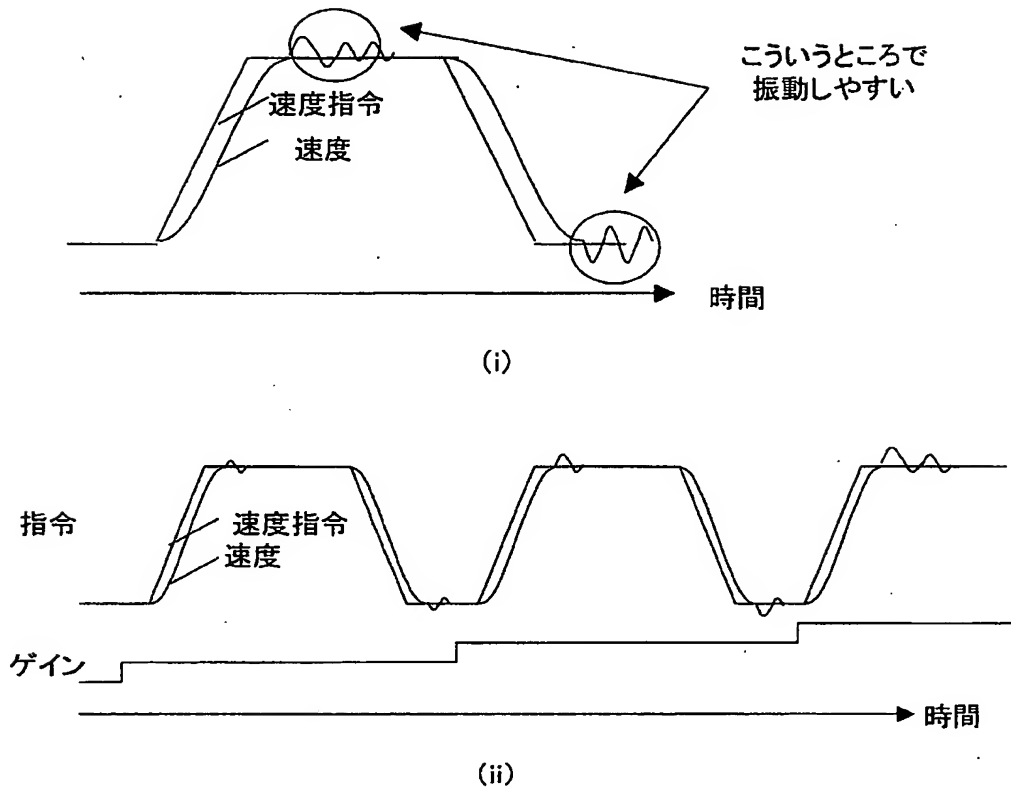
【図 4】



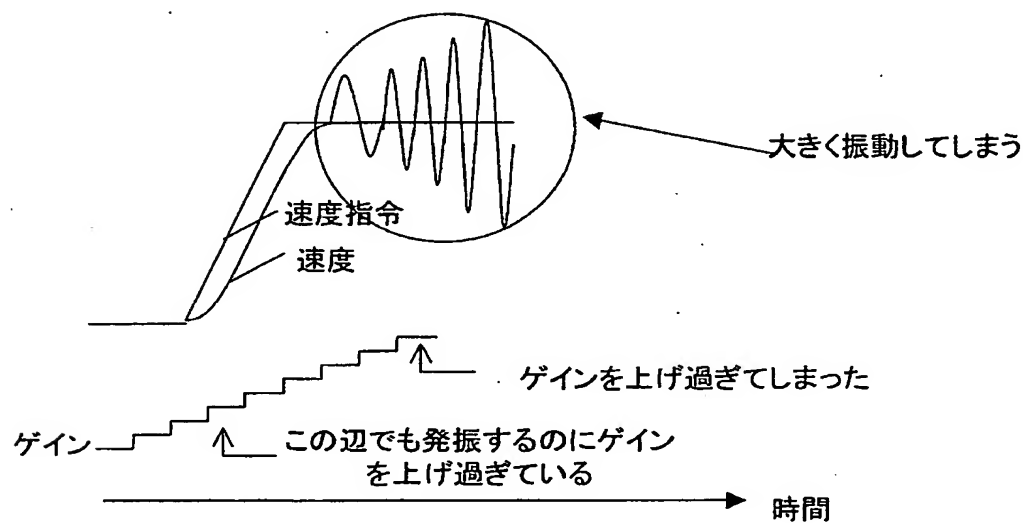
【図 5】



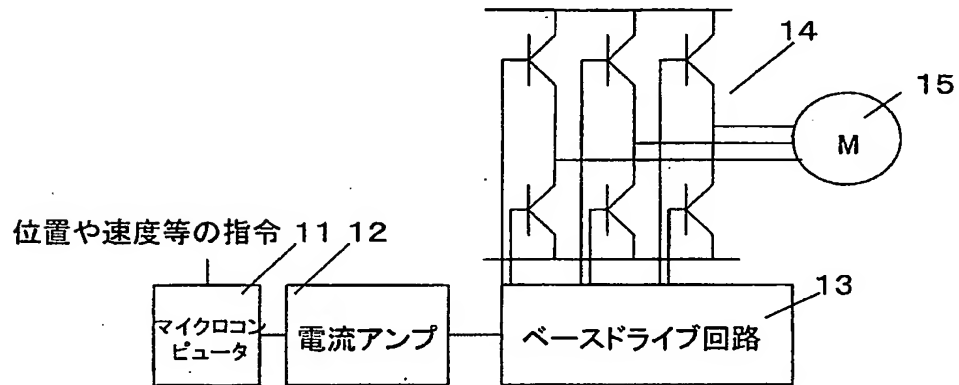
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 ゲインを上げて振動させるが、早めに検出して即止めることでマシンを大きく振動させず、騒音も発生させないサーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 サーボモータを駆動するサーボ制御装置において、制御系の振動を検出する振動検出手段と、制御ゲインを上げたところであるレベルの振動を与えるような模擬外乱トルクをトルク指令に加える加振手段を備え、加振の大きさを調整し加振し前記振動検出手段で振動検出を行い、一定のレベルの振動を検出する迄前記の制御ゲインを上げ模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段が一定のレベルを超えた振動を検出した時の制御ゲインを最大ゲインとする。

【選択図】 図 1

特願 2003-286708

出願人履歴情報

識別番号 [000006622]

1. 変更年月日 1991年 9月27日

[変更理由] 名称変更

住所変更

住所 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
氏名 株式会社安川電機